

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 843 180 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.05.1998 Patentblatt 1998/21

(51) Int. Cl.⁶: **G01S 7/497**

(21) Anmeldenummer: **97116392.8**

(22) Anmeldetag: **19.09.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV RO SI

(30) Priorität: **14.11.1996 DE 19647152**

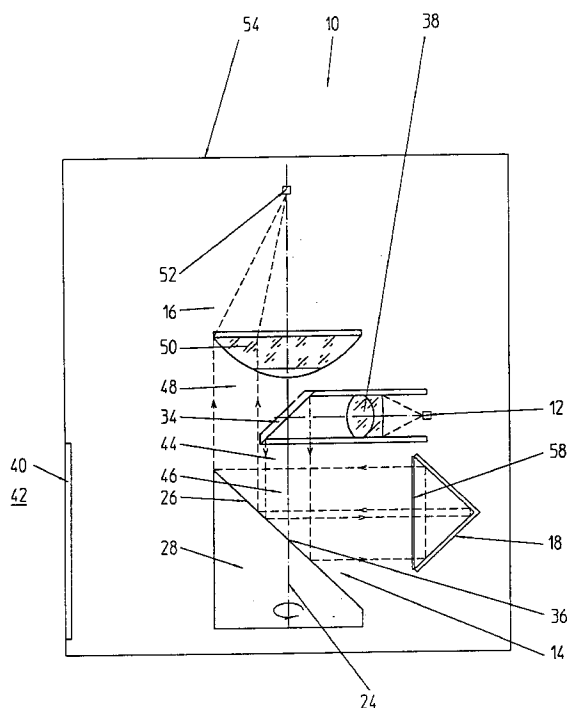
(71) Anmelder: **Sick AG**
79183 Waldkirch, Breisgau (DE)

(72) Erfinder: **Damm, Hartmut**
79331 Teningen (DE)

(74) Vertreter:
Pellkofer, Dieter Dr. et al
Manitz, Finsterwald & Partner
Patent- und Rechtsanwälte
Robert-Koch-Strasse 1
80538 München (DE)

(54) **Laserabstandsermittlungsvorrichtung**

(57) Eine Laserabstandsermittlungsvorrichtung 10 umfaßt einen Impulslaser 12, eine Lichtblendeneinrichtung 14, eine Photoempfangsanordnung 16 und ein in definiertem Abstand von der Lichtblendeneinrichtung 14 angeordnetes Referenzobjekt 18. Hierbei umfaßt das Referenzobjekt 18 wenigstens ein Tripelement aus drei im Winkel von 90° zueinander angeordneten Spiegelflächen.



Figur 1

EP 0 843 180 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Laserabstandsermittlungsvorrichtung mit einem Impulslaser, einer Lichtablenkeinrichtung, einer Photoempfangsanordnung und einem in definiertem Abstand von der Lichtablenkeinrichtung angeordneten Referenzobjekt. Sie betrifft ein Referenzobjekt für eine solche Laserabstandsermittlungsvorrichtung.

Bei einer Laserabstandsermittlungsvorrichtung der eingangs genannten Art werden von einem in einem Meßbereich befindlichen Objekt zurückgeworfene Lichtimpulse von der Photoempfangsanordnung empfangen, um daraufhin nach dem Impulslaufzeitverfahren aus der Zeit zwischen dem Aussenden und dem Empfang eines Lichtimpulses unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit ein für den Abstand des Objektes von der Lichtablenkeinrichtung repräsentatives Abtastsignal zu ermitteln. Aufgrund der Signaldynamik können nun aber Laufzeitmeßfehler auftreten. Diese sind u. a. darauf zurückzuführen, daß der Pegel des jeweiligen empfangenen Lichtimpulses eine bestimmte Schaltschwelle überschreiten muß, bevor die jeweils verwendete Zeitmeßeinheit gestoppt wird, und daß der Zeitpunkt des Überschreitens der Schwelle von der Flankensteilheit des empfangenen Lichtimpulses abhängig ist, die insbesondere wiederum von der jeweiligen Impulsamplitude abhängt. Zur Kompensation der Laufzeitmeßfehler kann nun beispielsweise die Amplitude des empfangenen Lichtimpulses gemessen und einer zuvor erstellten Korrekturabelle ein entsprechender Korrekturwert entnommen werden. Eine solche Korrekturabelle kann unter Verwendung des Referenzobjekts erstellt werden, nachdem diese in einem definierten Abstand von der Lichtablenkeinrichtung angeordnet ist.

Bei einem aus der DE 43 40 756 A1 bekannten Laserradar, bei dem die Kompensation der aufgrund der Signaldynamik auftretenden Laufzeitmeßfehler in Abhängigkeit von dem gemessenen Spitzenwert des empfangenen Lichtimpulses erfolgt, kann mit dem verwendeten Referenzobjekt nur eine bestimmte Amplitude simuliert werden kann. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß mit der Verwendung eines streuenden Referenzobjekts dessen Abstand zur Empfangsoptik relativ gering ist. Ein paralleler Einfall des von der Photoempfangsanordnung zu empfangenden Lichtes ist damit nicht möglich, so daß auch kein im unendlichen liegendes Referenzobjekt simuliert werden kann. Da das Referenzobjekt in der Regel im Gerät integriert sein soll, ist der Abstand zur Empfangsoptik etwa gleich der ein- bis dreifachen Brennweite dieser Empfangsoptik. Zudem ist bei Autokollimationsoptiken mit Mittenabschattung kein direkter Strahlengang durch die Empfangsoptik zurück zur Empfangsanordnung möglich. Das Licht gelangt stets erst nach einer im Tubus zwischen der Empfangsoptik und dem Empfänger auftretenden Mehrfachstreuung zu dem Empfänger. Die vom Licht zurückgelegte Weglänge ist damit praktisch

undefiniert. Demzufolge ist auch eine genaue Eichung des Meßsystems nicht möglich.

Bei einer aus der DE 43 41 080 C1 bekannten optischen Abtastvorrichtung ist ein Referenzobjekt mit zwei in einem Winkel von 90° zueinander stehenden kegelförmigen Spiegelflächen vorgesehen. Diese sind konzentrisch um ein als Ablenkeinrichtung dienendes Spiegelrad angeordnet. Der vom Sender stammende Lichtstrahl wird zweimal um 90° umgelegt und parallel versetzt, um die Mittenabschattung der vorgesehenen Autokollimationsoptik zu umgehen. Die Dämpfung des Lichtstrahls wird durch vor oder zwischen den Flächen angeordnete Blenden bewirkt. Eine der Flächen kann auch als Teilfläche ausgebildet sein. Es wird stets nur ein bestimmter Teil des Lichtes durch geometrische Teilung zurückgekoppelt. Dies hat nun aber zur Folge, daß bei einer Verwendung von Laserdioden als Lichtsender ein sogenanntes Modenrauschen entsteht. Bei Laserdioden besitzt die abgestrahlte Energie von einem Impuls zum nächsten eine unterschiedliche Ausbreitungsrichtung. Zudem ist das zeitliche Verhalten zwischen dem elektrischen Stromimpuls durch die Laserdiode und dem abgegebenen Lichtimpuls bei den verschiedenen Ausbreitungsmoden unterschiedlich. Damit ist im cm- und mm-Bereich eine genaue Eichung und Korrektur nicht möglich, so daß die Meßgenauigkeit begrenzt ist. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß die kegelförmigen Flächen in der Ablenkrichtung des Spiegelrades wie ein Hohlspiegel wirken. Somit entsteht ein Zwischenbild zwischen dem Referenzobjekt und dem Spiegelrad. Dieses Zwischenbild wird wieder in einem Bereich zwischen der einfachen und dreifachen Brennweite der Empfangsoptik erzeugt. Es wird somit von der Empfangsoptik hinter dieser Optik in einer Entfernung abgebildet, die etwa der 1,5-fachen Brennweite entspricht. Im Ergebnis wird somit nur ein relativ geringer Teil des Lichtes auf den Empfänger gelenkt. Damit besteht insbesondere auch nicht die Möglichkeit, die maximale Übersteuerung des Empfängers zu simulieren. Darüber hinaus werden die Lichtstrahlen, die nicht direkt auf den Empfänger treffen, in dem die Optik aufnehmenden Tubus mehrfach reflektiert, was wiederum zu fehlerhaften Meßwerten führt. Aufgrund der Verwendung von zwei unter 90° zueinander angeordneten Spiegelflächen muß das Referenzobjekt zudem genau justiert werden. In den Fällen, in denen ein Teil des Strahlenquerschnittes durch Verwendung einer Blende ausgeblendet wird, kann auch keine vollständige Modenmischung erreicht werden.

Ziel der Erfindung ist es, eine Laserabstandsermittlungsvorrichtung sowie ein Referenzobjekt der eingangs genannten Art zu schaffen, die bei minimalem Aufwand eine erhöhte Genauigkeit der Referenzmessungen und damit eine möglichst optimale Kompensation der aufgrund der Signaldynamik auftretenden Laufzeitmeßfehler gewährleisten. Die Aufgabe wird nach der Erfindung dadurch gelöst, daß das Referenzobjekt wenigstens ein Tripelelement aus drei im Winkel

von 90° zueinander angeordneten Spiegelflächen umfaßt.

Aufgrund dieser Ausbildung wird zunächst erreicht, daß das vom Impulslaser stammende Licht zu sich parallel versetzt zurückgeworfen wird, ohne daß dabei irgendein Zwischenbild erzeugt wird. Das Tripelelement aus den drei im Winkel von 90° zueinander angeordneten Spiegelflächen stellt eine Art Negativform eines Tripelreflektors dar. Das von dem Referenzobjekt stammende, von der Photoempfangsanordnung empfangene Licht kann nun parallel einfallen, so daß ein im unendlichen liegendes Referenzobjekt simuliert wird. Die vom Referenzobjekt stammenden empfangenen Strahlen können somit direkt auf den verwendeten Photoempfänger fokussiert werden. Der aus dem Unendlichen kommende Referenzlichtstrahl bringt somit den Vorteil eines scharfen Bildes im Brennpunkt mit sich. Zudem ist die optische Weglänge innerhalb des Tripellements unabhängig vom Einfallswinkel und auch unabhängig vom Einfallsort des von dem Impulslaser stammenden Sende-Impulslichtbündels. Entsprechend ist auch die sich insgesamt ergebende optische Weglänge zwischen dem Impulslaser und der Photoempfangsanordnung unabhängig vom Einfallswinkel und vom Einfallsort. Der Parallelversatz der Lichtstrahlen hängt nur von dem Einfallsort und der Größe des wenigstens einen Tripelements ab. Soll der Parallelversatz nicht zu groß werden und sichergestellt sein, daß alle vom Referenzobjekt stammenden Lichtstrahlen auch von der Photoempfangsanordnung empfangen werden, so darf das Referenzobjekt eine bestimmte Größe nicht überschreiten. Anders als bei der Verwendung eines Referenzobjekts mit lediglich zwei unter einem Winkel von 90° zueinander angeordneten Spiegelflächen ist eine genaue Justierung nicht mehr erforderlich.

Beim erfindungsgemäßen Referenzobjekt wird das Licht nach einem Parallelversatz stets genau dahin zurückreflektiert, wo es herkommt.

Um über einen möglichst großen Winkelbereich der Photoempfangsanordnung möglichst viele Referenzmessungen durchführen zu können, umfaßt das Referenzobjekt vorzugsweise mehrere Tripelemente, die auf einem zur Drehachse der drehbaren Lichtablenkeinheit konzentrischen Kreisbogen liegen. Bei einem Mehrfachhohltripel sollen insbesondere die innenliegenden Eckpunkte auf einem solchen zur Drehachse der Lichtablenkeinrichtung konzentrischen Kreisbogen liegen.

Gemäß einer besonders einfach herstellbaren Ausführungsform ist das Referenzobjekt durch einen gespritzten Kunststoffkörper mit entsprechend verspiegelten Flächen gebildet. Gegebenenfalls können somit auch mehrere Tripelemente zu einem solchen Kunststoffspritzteil zusammengefaßt werden.

Bei der in der Praxis bevorzugten Ausführungsform ist das Referenzobjekt so angeordnet und ausgelegt, daß ein vom Impulslaser ausgesendetes, durch die Lichtablenkeinrichtung auf das Referenzobjekt gelenk-

tes Impulsbündel aus der Mittenabschattung der Sendeoptik heraus zu sich parallel versetzt und unter Aufrechterhaltung seines Gesamtquerschnitts zurückgeworfen wird. Nachdem somit der Gesamtquerschnitt des ausgesendeten Lichtes auch wieder empfangen wird, wird eine erwünschte vollständige Modenmischung erreicht.

Zur Erzielung einer solchen möglichst vollständigen Modenmischung wird das auf das Referenzobjekt auftreffende und von diesem zurückgeworfene Impulslichtbündel vorzugsweise energetisch gedämpft. Auf eine geometrische Teilung wird somit vorzugsweise verzichtet, um das Modenrauschen zu vermeiden. Bei der in der Praxis bevorzugten Ausführungsform wird das vorzugsweise außerhalb eines definierten überwachten Abtastwinkelbereichs angeordnete Referenzobjekt von einem mit sich kontinuierlich ändernden Winkeln abgelenkten Sende-Impulslichtbündel überstrichen.

Um insbesondere eine möglichst große Anzahl von Amplituden nachbilden zu können, ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß sich der Dämpfungsgrad in Abtastrichtung ändert. Bei einer sich entlang eines zur Drehachse der drehbaren Lichtablenkeinheit konzentrischen Kreisbogens erstreckenden Lichteintritts- und Lichtaustrittsfläche ändert sich der Dämpfungsgrad vorzugsweise entlang dieses Kreisbogens. Das Impulslichtbündel erfährt somit während seiner das Referenzobjekt überstreichenden Abtastbewegung eine unterschiedliche Dämpfung, so daß insbesondere unterschiedliche Amplituden nachgebildet und entsprechend auch unterschiedliche Laufzeitmeßfehler kompensiert werden können.

Von besonderem Vorteil ist, wenn sich der Dämpfungsgrad in Abtastrichtung bzw. entlang des Kreisbogens kontinuierlich ändert. Damit ist es grundsätzlich möglich, sämtliche auch in der Praxis während einer jeweiligen Abstandsmessung auftretende Amplituden nachzubilden, so daß im Ergebnis über die entsprechend erstellten Korrekturtabellen oder Korrekturfunktionen eine genaue Kompensation der jeweiligen Laufzeitmeßfehler gewährleistet ist.

Bei einer in der Praxis bevorzugten Ausführungsform ist das Referenzobjekt mit wenigstens einem DämpfungsfILTER versehen. Dieses ist in Ausbreitungsrichtung des einfallenden Sende-Impulslichtbündels betrachtet vorzugsweise vor dem wenigstens einen Tripelement angeordnet, wobei es zweckmäßigerweise im Bereich der Lichteintritts- und Lichtaustrittsfläche des Referenzobjekts vorgesehen ist.

Dieses DämpfungsfILTER kann sich entsprechend der Lichteintritts- und Lichtaustrittsfläche des Referenzobjektes wiederum entlang eines zur Drehachse der drehbaren Lichtablenkeinheit konzentrischen Kreisbogens erstrecken.

Bei der in der Praxis bevorzugten Ausführungsform ist das DämpfungsfILTER ein zweckmäßigerweise wellenlängenunabhängiges Absorptionsfilter. Der Vorteil einer Absorption liegt darin, daß das Licht energetisch

gedämpft und nicht geometrisch geteilt wird. Dadurch wird das Problem eines Modenrauschens vermieden.

Um zwischen einem minimalen und einem maximalen Empfangspegel möglichst viele Zwischenwerte zu erhalten, ist das DämpfungsfILTER vorteilhafterweise als VerlaufsfILTER mit einer sich in Abtastrichtung bzw. entlang des Kreisbogens kontinuierlich ändernden optischen Dämpfung ausgebildet. Bei unterschiedlichen Winkelstellungen einer drehbaren Photoempfangsanordnung ergeben sich somit unterschiedliche Dämpfungsgrade.

Dabei besitzt das DämpfungsfILTER vorteilhafterweise einen von einer optischen Dichte $D = 0$ bis insbesondere $D = 4$ und vorzugsweise von $D = 0$ bis $D = 3,7$ reichenden Dämpfungsverlauf, wobei die Dichtewerte für einen einfachen Filterdurchlauf angegeben sind. Bei der in der Praxis bevorzugten Ausführungsform wird das dem Referenzobjekt zugeordnete DämpfungsfILTER sowohl vom einfallenden als auch vom ausfallenden Licht durchlaufen, wobei das DämpfungsfILTER dann vorzugsweise einen von einer optischen Gesamtdichte $D = 0$ bis insbesondere $D = 8$ und insbesondere $D = 0$ bis $D = 7,4$ reichenden Gesamtdämpfungsverlauf besitzt. Somit wird durch das DämpfungsfILTER sowohl das einfallende als auch das ausfallende Licht gedämpft, wobei die beiden Dämpfungswerte gleich groß sind. Das DämpfungsfILTER kann vorteilhafterweise als Folienfilter ausgebildet sein. Dieses kann ggf. konzentrisch zur Drehachse der Photoempfangsanordnung gekrümmt sein.

Von besonderem Vorteil ist es, wenn das Referenzobjekt mit Positionier- und/oder Fixiermitteln versehen ist, um das DämpfungsfILTER am Referenzobjekt zu positionieren bzw. zu fixieren.

Der jeweilige Dämpfungsgrad kann zumindest teilweise aber auch durch eine entsprechend herabgesetzte Reflektivität wenigstens einer Spiegelfläche eines jeweiligen Tripelements bestimmt sein, wobei die jeweilige Spiegelfläche beispielsweise auch aufgeraut sein kann.

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausführungsvarianten der erfindungsgemäßen Laserabstandsermittlungsvorrichtung und des erfindungsgemäßen Referenzobjekts angegeben.

Aufgrund der Erfindung ist es somit insbesondere möglich, sämtliche in der Praxis interessierende Signalamplituden von der kleinsten detektierbaren Amplitude bis zur größten, zu einer maximalen Übersteuerung des der Photoempfangsanordnung nachgeschalteten Empfängers führenden Amplitude zu simulieren. Wesentlich ist auch, daß die optische Weglänge vom Sender über die Sendeoptik und die beispielsweise ein Spiegelrad umfassende Lichtablenkeinrichtung zum Referenzobjekt und zurück über die Lichtablenkeinrichtung und die Empfangsoptik zum Empfänger von der simulierten Amplitude des Empfangssignals unabhängig ist. Die unter Verwendung des Referenzobjekts erfolgende Simulation erfolgt stets bei bekannter und konstanter optischer

Weglänge. Im Ergebnis können somit sehr genaue Korrekturtabellen und/oder -funktionen erstellt werden, die in Abhängigkeit von der Signalamplitude auch ständig nachkalibriert werden können. Mit Hilfe der entsprechenden Korrekturtabelle bzw. Korrekturfunktion kann dann die Entfernung der jeweiligen Objekte praktisch unabhängig von deren jeweiligem Reflexionsverhalten genau gemessen werden. Das Tripelement kann insbesondere auch als Hohltripel bzw. Mehrfachhohltripel ausgebildet werden, bei dem keine Brechung auftritt. Auch bei der Verwendung mehrerer konzentrisch zur Drehachse der Photoempfangsanordnung angeordneter Tripelemente ist sichergestellt, daß kein Zwischenbild entsteht. Eine genaue Justierung der Tripelanordnung ist nicht erforderlich.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert; in dieser zeigen:

- 20 Figur 1 in schematischer Ansicht den Grundaufbau einer als Laserradar verwirklichten Laserabstandsermittlungsvorrichtung,
- 25 Figur 2 ein praktisches Ausführungsbeispiel einer solchen Laserabstandsermittlungsvorrichtung,
- 30 Figur 3 eine perspektivische Ansicht eines in der Laserabstandsermittlungsvorrichtung gemäß Figur 1 bzw. 2 verwendeten Referenzobjekts,
- Figur 4 eine Vorderansicht des in Figur 3 gezeigten Referenzobjekts in Richtung des einfallenden Lichtes,
- Figur 5 eine Seitenansicht des Referenzobjekts,
- Figur 6 eine Schnittansicht des Referenzobjekts, geschnitten entlang der Linie B-B in Figur 5,
- Figur 7 eine Ansicht des Referenzobjekts von unten und
- 45 Figur 8 eine Schnittansicht des Referenzobjekts, geschnitten entlang der Linie A-A in Figur 7.

Gemäß dem sich aus den Figuren 1 und 2 ergebenden Grundaufbau umfaßt die Laserabstandsermittlungsvorrichtung 10 einen Impuls laser 12, eine Lichtablenkeinrichtung 14, eine Photoempfangsanordnung 16 und ein in definiertem Abstand von der Lichtablenkeinrichtung 14 angeordnetes Referenzobjekt 18.

Ein Motor 20 (vgl. Figur 2) treibt einen horizontalen Drehteller 22 zu einer kontinuierlichen Umlaufbewegung um eine vertikale Achse 24 (vgl. Figur 1) an. Am Umfang des Drehtellers 22 kann ein beispielsweise als Gabellichtschranke ausgebildeter Winkelgeber vorge-

sehen sein, der mit einer Steuer- und Auswerteelektronik verbunden ist.

Die Lichtablenkeinrichtung 14 umfaßt einen Drehspiegel 26, der durch die obere Stirnfläche eines Kreiszylinderkörpers 28 (vgl. Figur 1) oder auch an einer Spiegelplatte 30 (vgl. Figur 2) ausgebildet sein kann. Nach Figur 2 ist die Spiegelplatte 30 über einen Spiegelträger 32 auf dem Drehteller 22 befestigt.

Oberhalb des Drehspiegels 26 ist ein wesentlich schmaler ausgebildeter, ebenfalls planer Umlenkspiegel 34 angeordnet, dessen Spiegelfläche einen Winkel von 45° zur Drehachse 24 aufweist und beispielsweise wiederum als Kreiszylinderkörper oder als ebene Spiegelplatte ausgebildet sein kann.

Ein zentraler Bereich 36 des Drehspiegels 26 empfängt über eine Sendelinse 38 Licht des Impulslasers 12. Das zunächst horizontale Lichtbündel wird am Umlenkspiegel 34 nach unten umgelenkt, um dann vom Drehspiegel 26 in horizontaler Richtung umgelenkt zu werden. In Figur 1 nimmt der Drehspiegel 26 eine solche Drehstellung ein, daß das Licht auf das Referenzobjekt 18 gerichtet wird. Demgegenüber ist der Drehspiegel während einer jeweiligen Entfernungsmessung so ausgerichtet, daß das Licht durch eine Frontscheibe 40 hindurch in einen Meßbereich 42 gerichtet wird. Befindet sich nun in diesem Meßbereich 42 ein Objekt, dessen Abstand zu ermitteln ist, so gelangt von diesem Objekt in der Regel Streulicht durch die Frontscheibe 40 im Sinne eines Autokollimationsstrahlengangs zurück zum Drehspiegel 26.

Während das Sende-Impulslichtbündel 44 mit seinem Mitteneinfallstrahl 46 auf den zentralen Bereich 36 des Drehspiegels 26 auftrifft und dort in Horizontalrichtung umgelenkt wird, gelangt das von einem im Meßbereich 42 befindlichen Objekt oder von dem Referenzobjekt 18 stammende Empfangs-Impulslichtbündel 48 über denselben Drehspiegel 26 zu einer Empfängerlinse 50, durch die das Empfangslicht auf einen Photoempfänger 52 konzentriert wird.

Der Drehspiegel 26, der Drehteller 22 und der Motor 20 sind Teil der Lichtablenkeinrichtung 14, die das Sende-Impulslichtbündel 44 und das Empfangs-Impulslichtbündel 48 um die Drehachse 24 herum rotieren läßt.

Das Referenzobjekt 18 ist im Gehäuse 54 der Lichtabstandsermittlungsvorrichtung 10 integriert.

Wie sich insbesondere aus den Figuren 3 bis 8 ergibt, umfaßt das Referenzobjekt 18 mehrere, im vorliegenden Fall sechs Tripelemente I - VI aus jeweils drei in einem Winkel α , β von 90° zueinander angeordneten Spiegelflächen I_1 - VI_6 .

Die Tripelemente I - VI sind jeweils als Hohltripel ausgebildet, wobei sie im eingebauten Zustand des Referenzobjekts 18 (siehe insbesondere Figur 2) jeweils durch zwei unten liegende Spiegelflächen und eine oben liegende Spiegelfläche gebildet sind.

Der zwischen den beiden unteren Spiegelflächen eines jeweiligen Tripelements gebildete Winkel ist in

Figur 6 mit α angegeben. In Figur 8 ist der Winkel zwischen der oberen Spiegelfläche und einer unteren Spiegelfläche eines jeweiligen Tripelements mit β bezeichnet. Derselbe Winkel β liegt auch zwischen der oberen Spiegelfläche und der anderen unteren Spiegelfläche vor. Diese beiden Winkel α und β betragen für sämtliche Tripelemente I - VI jeweils 90° . Zudem kann Figur 8 entnommen werden, daß im vorliegenden Fall die unteren Spiegelflächen mit der Horizontalen H jeweils einen Winkel γ von etwa 55° einschließen.

Die sechs Tripelemente I - VI des Referenzobjekts 18 liegen auf einem zur Drehachse 24 (vgl. Figur 1) der drehbaren Lichtablenkeinrichtung 14 konzentrischen Kreisbogen, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß die innenliegenden, jeweils durch den Schnittpunkt der betreffenden drei Spiegelflächen gebildeten Eckpunkte P (vgl. insbesondere Figur 4) des als Mehrfachhohltripel ausgebildeten Referenzobjekts 18 auf einem solchen zur Drehachse 24 konzentrischen Kreisbogen angeordnet sind.

Im vorliegenden Fall ist das Referenzobjekt 18 durch einen gespritzten Kunststoffkörper 56 mit entsprechend verspiegelten Flächen gebildet. Damit sind alle sechs Tripelemente I - VI in einem einzigen solchen Kunststoffkörper zusammengefaßt.

Wie am besten anhand der Figur 1 zu erkennen ist, ist das Referenzobjekt 18 so angeordnet und ausgebildet, daß ein vom Impulslaser 12 ausgesendetes, durch die Lichtablenkeinrichtung 14 auf das Referenzobjekt 18 gelenktes Impulslichtbündel 44 aus der Mittenabschattung der Sendeoptik heraus zu sich parallel versetzt und unter Aufrechterhaltung seines Gesamtquerschnitts zurückgeworfen wird. Hierbei wird das außerhalb des definierten überwachten Abtastrinkelbereichs, d.h. außerhalb des Meßbereichs 42 angeordnete Referenzobjekt 18 vom mit sich kontinuierlich ändernden Winkeln abgelenkten Sende-Impulslichtbündel 44 überstrichen.

Das auf das Referenzobjekt 18 auftreffende und von diesem zurückgeworfene Impulslichtbündel 44, 48 wird energetisch gedämpft, wobei sich der Dämpfungsgrad in Abtastrichtung kontinuierlich ändert.

Dazu ist das Referenzobjekt 18 mit einem Dämpfungsfilter 58 versehen, das in Ausbreitungsrichtung des einfallenden Sende-Impulslichtbündels 44 betrachtet vor den Tripelementen I - VI angeordnet ist. Im vorliegenden Fall ist dieses Dämpfungsfilter 58 im Bereich der Lichteintritts- und Lichtaustrittsfläche des als Mehrfachhohltripel ausgebildeten Referenzobjekts 18 angeordnet (vgl. Figuren 1 und 2). Entsprechend der Lichteintritts- und Lichtaustrittsfläche des Referenzobjekts 18 erstreckt sich auch das Dämpfungsfilter 58 entlang eines zur Drehachse 24 der drehbaren Lichtablenkeinrichtung 14 konzentrischen Kreisbogens.

Im vorliegenden Fall ist das Dämpfungsfilter 58 ein wellenlängenunabhängiges Absorptionsfilter, das wiederum als Verlaufsfilter mit einer sich in Abtastrichtung bzw. entlang des zur Drehachse 24 konzentrischen

Kreisbogens kontinuierlich ändernden optischen Dämpfung ausgebildet ist.

Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel besitzt das DämpfungsfILTER 58 einen von einer optischen Dichte $D = 0$ bis insbesondere $D = 4$ und vorzugsweise von $D = 0$ bis $D = 3,7$ reichenden Dämpfungsverlauf, wobei diese Dichtewerte für einen einfachen Filterdurchlauf angegeben sind. Im vorliegenden Fall wird das dem Referenzobjekt 18 zugeordnete DämpfungsfILTER 58 sowohl vom einfallenden als auch vom ausfallenden Licht durchlaufen, so daß es einen von einer optischen Gesamtdichte $D = 0$ bis insbesondere $D = 8$ und insbesondere von $D = 0$ bis $D = 7,4$ reichenden Gesamtdämpfungsverlauf besitzt. Zudem ist das DämpfungsfILTER 58 im vorliegenden Fall als Folienfilter ausgebildet.

Wie insbesondere anhand der Figuren 3 und 4 zu erkennen ist, ist das Referenzobjekt 18 mit Positionier- und Fixiermitteln 60 versehen, um das DämpfungsfILTER 58 am Referenzobjekt 18 zu positionieren bzw. zu fixieren. Diese Positionier- und Fixiermittel 60 umfassen eine Anlagekante 60', an die das folienartige DämpfungsfILTER 58 unter Erzeugung der erforderlichen Krümmung konzentrisch zur Drehachse 24 anlegbar ist. An den Enden der einem zur Drehachse 24 konzentrischen Kreisbogen folgenden Anlagekanten 60' diese Positionier- und Fixiermittel 60 mit Klemmitteln 62 (siehe insbesondere Figur 3) versehen, an denen die Enden des folienartigen DämpfungsfILTERs 58 festklemmbar sind.

Wie insbesondere anhand von Figur 1 zu erkennen ist, trifft das vom Referenzobjekt 18 zur Lichtablenkeinrichtung 14 zurückgeworfene Licht parallel auf die Empfangslinse 50 auf, so daß ein im Unendlichen liegendes Referenzobjekt simuliert wird. Dadurch wird ein scharfes Bild im Brennpunkt erzeugt. Nachdem der Gesamtquerschnitt des ausgesendeten Impulslichtbündels auch wieder empfangen wird, wird eine vollständige Modenmischung erzielt. Trotz des Verlaufs des Referenzobjekts 18 entlang eines zur Drehachse 24 der Lichtablenkeinrichtung 14 konzentrischen Kreisbogens tritt keinerlei Zwischenbild auf. Eine genaue Justierung des Referenzobjekts ist nicht mehr erforderlich. Das Licht wird durch das Referenzobjekt 18 zu sich parallel versetzt und stets genau dahin zurück reflektiert, wo es herkommt. Durch eine entsprechende Abstufung des folienartigen DämpfungsfILTERs 58 kann grundsätzlich der gesamte Dynamikbereich abgedeckt werden. Nachdem das dem Referenzobjekt 18 zugeordnete DämpfungsfILTER 58 sowohl vom einfallenden als auch vom ausfallenden Licht durchlaufen wird, ergibt sich eine doppelte Dämpfung. Mit den entsprechenden Referenzmessungen können schließlich äußerst genaue Korrekturtabellen und/oder Korrekturfunktionen erstellt werden, die zudem ständig auch nachjustierbar sind.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|-------------------------------------|
| 10 | Lichtabstandsermittlungsvorrichtung |
| 12 | Impuls laser |

- | | |
|------------------|-------------------------------|
| 14 | Lichtablenkeinrichtung |
| 16 | Photoempfangsanordnung |
| 18 | Referenzobjekt |
| 20 | Motor |
| 22 | Drehteller |
| 24 | Drehachse |
| 26 | Drehspiegel |
| 28 | Kreiszyylinderkörper |
| 30 | Spiegelplatte |
| 32 | Spiegelträger |
| 34 | Umlenkspiegel |
| 36 | zentraler Bereich |
| 38 | Sendelinse |
| 40 | Frontscheibe |
| 42 | Meßbereich |
| 44 | Sende-Impulslichtbündel |
| 46 | Mitteneinfallslchtstrahl |
| 48 | Empfangs-Impulslichtbündel |
| 50 | Empfängerlinse |
| 52 | Photoempfänger |
| 54 | Gehäuse |
| 56 | Kunststoffkörper |
| 58 | DämpfungsfILTER |
| 60 | Positionier- und Fixiermittel |
| 60' | Anlagekante |
| I | Tripelement |
| II | Tripelement |
| III | Tripelement |
| IV | Tripelement |
| V | Tripelement |
| VI | Tripelement |
| I ₁ | Spiegelflächen |
| II ₂ | Spiegelflächen |
| III ₃ | Spiegelflächen |
| IV ₄ | Spiegelflächen |
| V ₅ | Spiegelflächen |
| VI ₆ | Spiegelflächen |
| H | Horizontale |
| P | Eckpunkte |
| α | Winkel |
| β | Winkel |
| γ | Winkel |

Patentansprüche

1. Laserabstandsermittlungsvorrichtung (10) mit einem Impuls laser (12), einer Lichtablenkeinrichtung (14), einer Photoempfangsanordnung (16) und einem in definiertem Abstand von der Lichtablenkeinrichtung (14) angeordneten Referenzobjekt (18),
dadurch **gekennzeichnet**,
daß das Referenzobjekt (18) wenigstens ein Tripel-element (I - VI) aus drei im Winkel (α , β) von 90° zueinander angeordneten Spiegelflächen (I₁ - VI₆) umfaßt.

2. Laserabstandsermittlungsvorrichtung nach

Anspruch 1,
dadurch **gekennzeichnet**,
daß das Referenzobjekt (18) mehrere Tripelelemente (I - VI) umfaßt, die auf einem zur Drehachse (24) der drehbaren Lichtplattenkeinheit (14) konzentrischen Kreisbogen liegen, und/oder daß das Referenzobjekt (18) durch einen gespritzten Kunststoffkörper (56) mit entsprechend verspiegelten Flächen gebildet ist und/oder daß das Referenzobjekt (18) so angeordnet und ausgelegt ist, daß ein vom Impulslaser (12) ausgesendetes, durch die Lichtplattenkeinheit (14) auf das Referenzobjekt (18) gelenktes Impulslichtbündel (44) aus der Mittenabschattung der Sendeoptik heraus zu sich parallel versetzt und unter Aufrechterhaltung seines Gesamtquerschnitts zurückgeworfen wird.

3. Laserabstandsermittlungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß das vorzugsweise außerhalb eines definierten überwachten Abtastwinkelbereichs (42) angeordnete Referenzobjekt (18) von einem mit sich kontinuierlich ändernden Winkeln abgelenkten Sendeimpulslichtbündel (44) überstrichen wird, und/oder daß das auf das Referenzobjekt (18) auftreffende und von diesem zurückgeworfene Impulslichtbündel (44, 48) energetisch gedämpft wird, wobei sich insbesondere der Dämpfungsgrad in Abtastrichtung ändert und sich vorzugsweise die Lichteintritts- und Lichtaustrittsfläche des Referenzobjekts (18) entlang eines zur Drehachse (24) der drehbaren Lichtplattenkeinheit (14) konzentrischen Kreisbogens erstreckt und daß sich der Dämpfungsgrad entlang dieses Kreisbogens ändert und/oder sich vorzugsweise der Dämpfungsgrad in Abtastrichtung bzw. entlang des Kreisbogens kontinuierlich ändert.

4. Laserabstandsermittlungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß das Referenzobjekt (18) mit wenigstens einem DämpfungsfILTER (58) versehen ist, wobei insbesondere das DämpfungsfILTER (58) in Ausbreitungsrichtung des einfallenden Sende-Impulslichtbündels (44) betrachtet vor dem wenigstens einen Tripelelement (I - VI) angeordnet ist und vorzugsweise das DämpfungsfILTER (58) im Bereich der Lichteintritts- und Lichtaustrittsfläche des Referenzobjekts (18) angeordnet ist.

5. Laserabstandsermittlungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß sich das DämpfungsfILTER (58) entsprechend der Lichteintritts- und Lichtaustrittsfläche des Referenzobjekts (18) entlang eines zur Drehachse (24)

der drehbaren Lichtplattenkeinheit (14) konzentrischen Kreisbogens erstreckt, und/oder daß das DämpfungsfILTER (58) ein vorzugsweise wellenlängenunabhängiges Absorptionsfilter ist, und/oder daß das DämpfungsfILTER (58) als VerlaufsfILTER mit einer sich in Abtastrichtung bzw. entlang des Kreisbogens kontinuierlich ändernden optischen Dämpfung ausgebildet ist, wobei insbesondere das DämpfungsfILTER (58) einen von einer optischen Dichte $D = 0$ bis insbesondere $D = 4$ und vorzugsweise von $D = 0$ bis $D = 3,7$ reichenden Dämpfungsverlauf besitzt, wobei die Dichtewerte für einen einfachen Filterdurchlauf angegeben sind.

6. Laserabstandsermittlungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß das dem Referenzobjekt (18) zugeordnete DämpfungsfILTER (58) sowohl vom einfallenden als auch vom ausfallenden Licht durchlaufen wird und vorzugsweise einen von einer optischen Gesamtdichte $D = 0$ bis insbesondere $D = 8$ und insbesondere von $D = 0$ bis $D = 7,4$ reichenden Gesamtdämpfungsverlauf besitzt und/oder daß das DämpfungsfILTER (58) als Folienfilter ausgebildet ist, und/oder daß der jeweilige Dämpfungsgrad zumindest teilweise durch eine entsprechend herabgesetzte Reflektivität wenigstens einer Spiegelfläche ($I_1 - VI_6$) eines jeweiligen Tripelelements (I - VI) bestimmt ist, wobei insbesondere die jeweilige Spiegelfläche ($I_1 - VI_6$) aufgeraut ist.

7. Laserabstandsermittlungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß das Referenzobjekt (18) mit Positionier- und/oder Fixiermitteln (60) versehen ist, um das DämpfungsfILTER (58) am Referenzobjekt (18) zu positionieren bzw. zu fixieren.

8. Referenzobjekt für eine Laserabstandsermittlungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß es wenigstens ein Tripelelement (I - VI) aus drei im Winkel (α, β) von 90° zueinander angeordneten Spiegelflächen ($I_1 - VI_6$) umfaßt, wobei es insbesondere mehrere nebeneinander auf einem Kreisbogen angeordnete Tripelelemente (I - VI) umfaßt und/oder durch einen gespritzten Kunststoffkörper (56) mit entsprechend verspiegelten Flächen gebildet ist.

9. Referenzobjekt nach Anspruch 8,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß es Mittel (58) zur energetischen Lichtdämpfung umfaßt, wobei es insbesondere wenigstens ein DämpfungsfILTER (58) umfaßt, das vorzugsweise in

Ausbreitungsrichtung des einfallenden Sende-Impulslichtbündels betrachtet vor dem wenigstens einen Tripelelement (I - VI) angeordnet ist.

10. Referenzobjekt nach einem der Ansprüche 8 oder 9, 5
dadurch **gekennzeichnet**,
daß das DämpfungsfILTER (58) ein vorzugsweise wellenlängenunabhängiges Absorptionsfilter ist, und/oder daß das DämpfungsfILTER (58) einen von 10
einer optischen Dichte $D = 0$ bis insbesondere $D = 4$ und vorzugsweise von $D = 0$ bis $D = 3,7$ reichen-
den Dämpfungsverlauf besitzt, wobei die Dichte-
werte für einen einfachen Filterdurchlauf angegeben sind. 15
11. Referenzobjekt nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch **gekennzeichnet**,
daß das DämpfungsfILTER (58) als Folienfilter ausgebildet ist, und/oder daß der jeweilige Dämpfungs- 20
grad zumindest teilweise durch eine entsprechend herabgesetzte Reflektivität wenigstens einer Spie-
gelfläche ($I_1 - VI_6$) eines jeweiligen Tripelelements (I - VI) bestimmt ist, und/oder daß es mit Positionier- 25
und/oder Fixiermitteln (60) versehen ist, um das
DämpfungsfILTER (58) am Referenzobjekt (18) zu
positionieren bzw. zu fixieren.

30

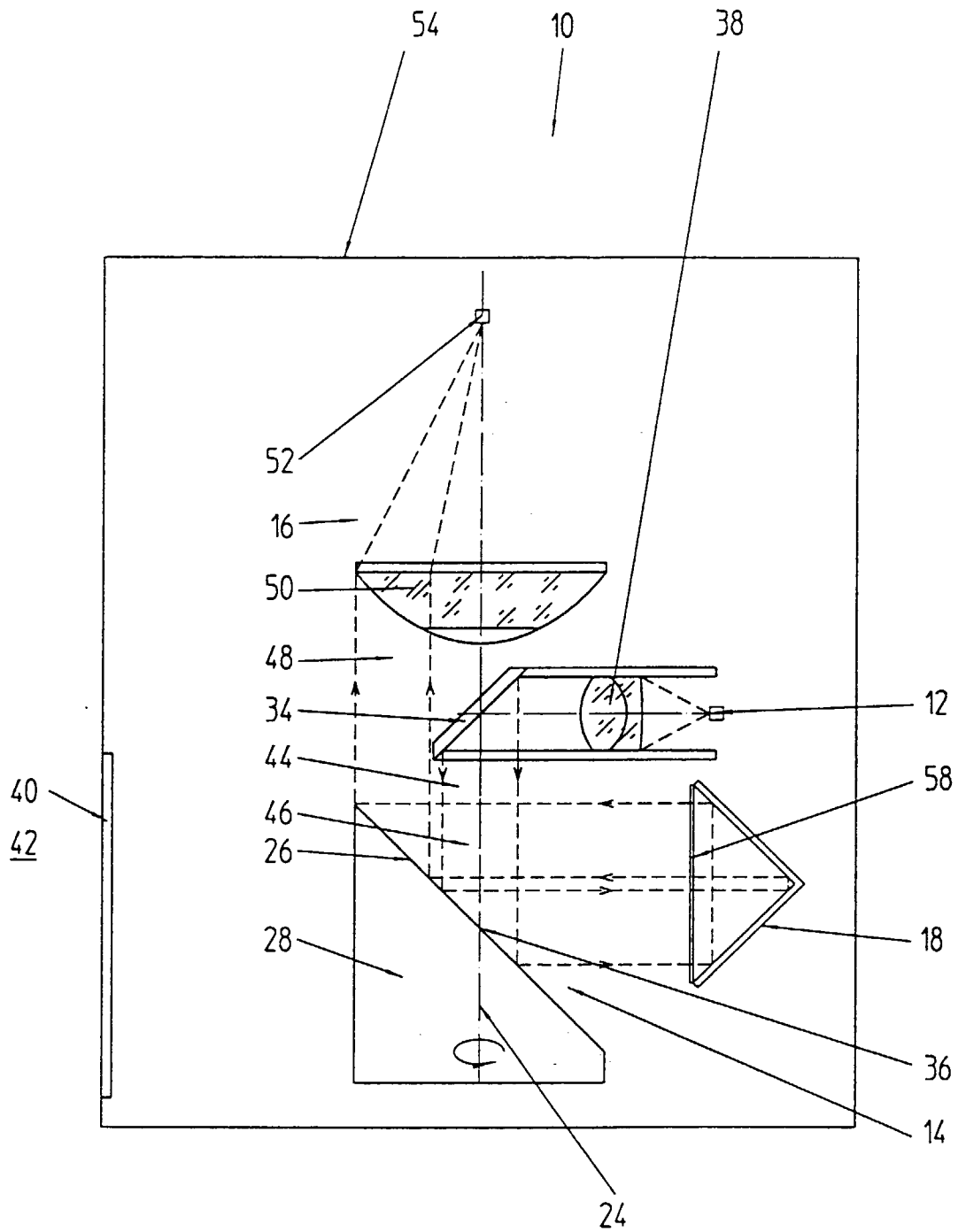
35

40

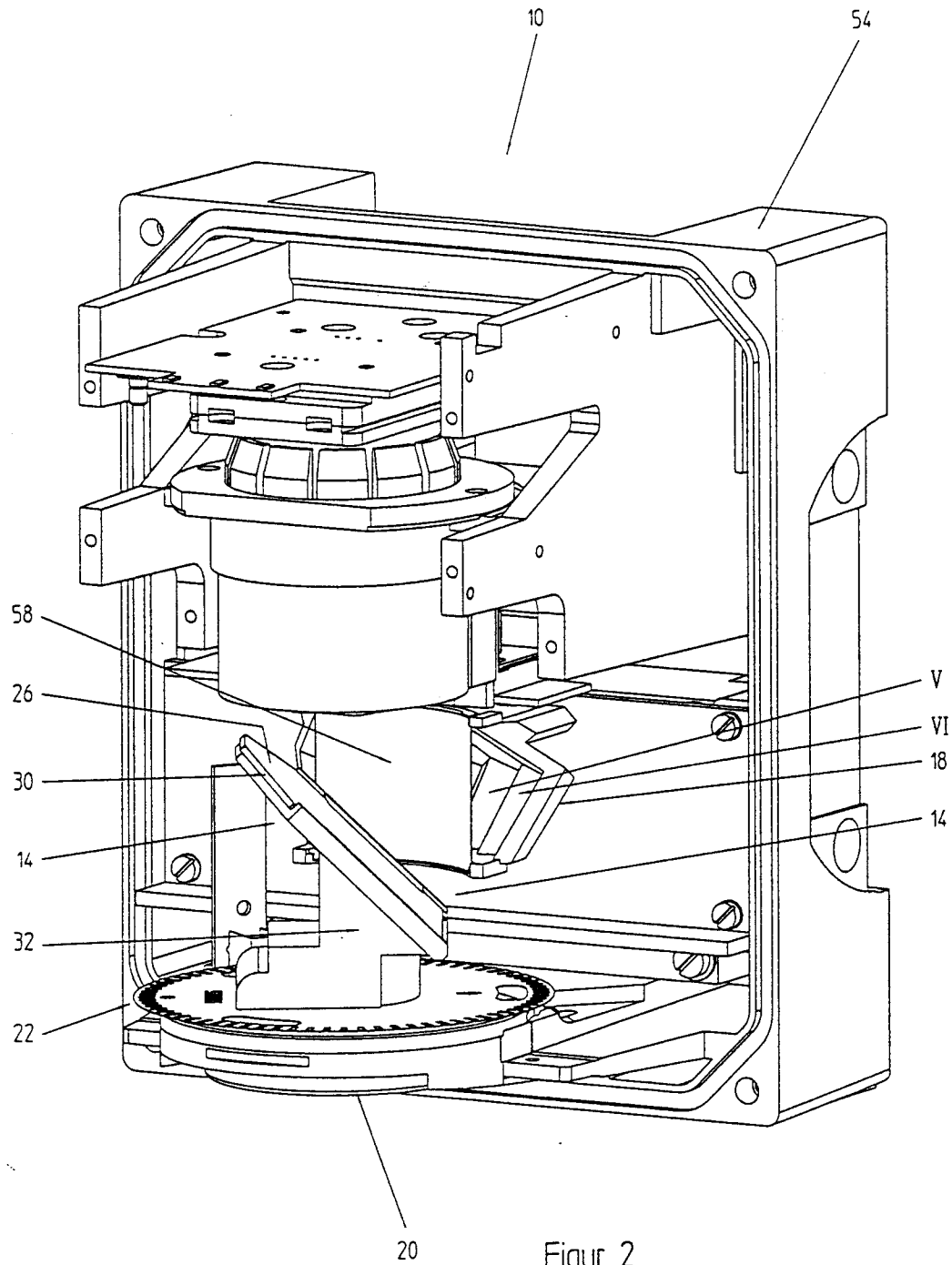
45

50

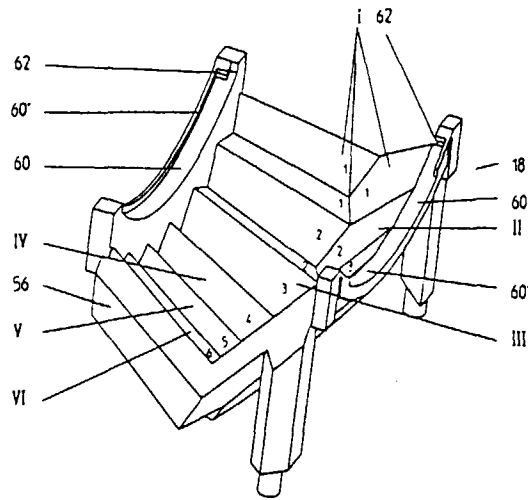
55



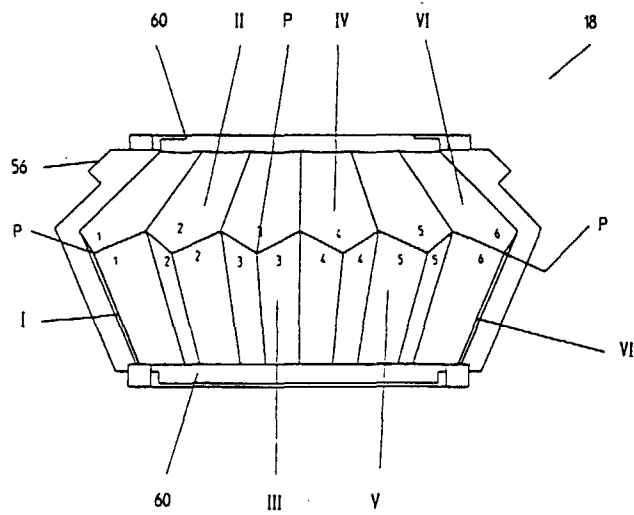
Figur 1



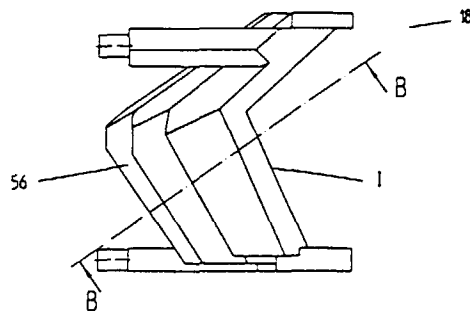
Figur 2



Figur 3

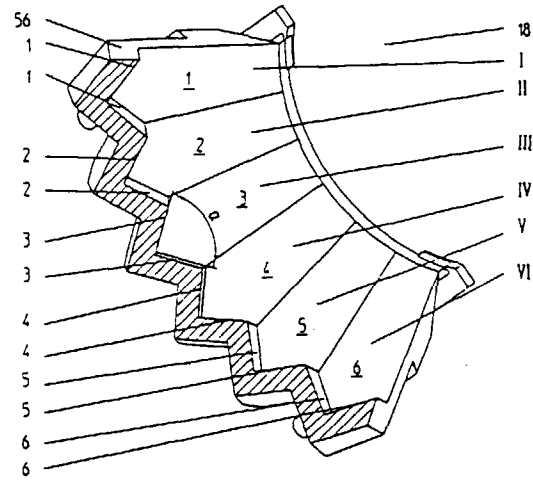


Figur 4

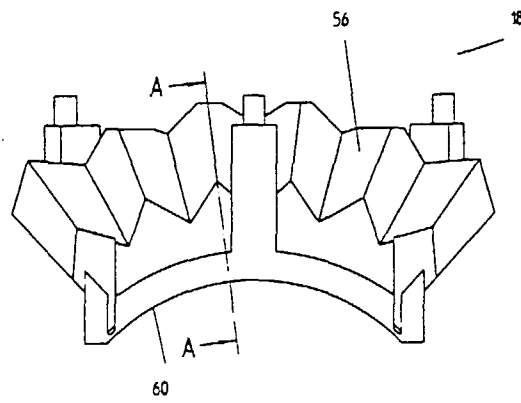


Figur 5

B-B

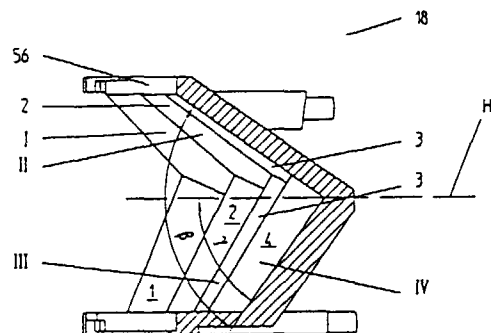


Figur 6



Figur 7

A-A



Figur 8



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 11 6392

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	DE 43 41 080 C (LEUZE ELECTRONIC GMBH & CO)	1	G01S7/497
A	* das ganze Dokument *	2-11	
Y	DE 25 36 878 A (SIEMENS AG)	1	
A	* das ganze Dokument *		
	DE 25 36 903 A (SIEMENS AG)		
	* das ganze Dokument *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 20. Februar 1998	Prüfer Kahn, K-D
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPO FORM 1503 03 92 (P04C03)